

## ОСОБЕННОСТИ КОММУТАЦИИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕСИММЕТРИЧНЫМИ ОДНОХОДОВЫМИ ВОЛНОВЫМИ ОБМОТКАМИ

Анализ свойств волновых обмоток с «мертвыми» секциями, с точки зрения взаимного соответствия реактивной э. д. с. и э. д. с. вращения для разных пазов якоря, содержится в [1].

В настоящей статье представлены результаты исследования свойств несимметричных волновых обмоток с использованием итогов осциллографирования коммутационной э. д. с.  $e_k$  разных секций паза.

Сравнение различных исполнений несимметричных волновых обмоток проведем на примере машины типа ГП 42/36—4к (200 кВт, 400 в, 1000 об/мин). Основные данные обмотки якоря:  $2p=4$ ,  $Z=54$ ,  $u_n=2$ ,  $K=107$ , одна секция «мертвая».

Для анализа несимметрии обмотки воспользуемся осциллограммой коммутационной э. д. с. в разных секциях обмотки якоря, приведенной на рис. 1. На рис. 2 дана схема обмотки якоря рассматриваемой машины. Для повышения коммутационной устойчивости обмотка выполнена ступенчатой.

Индексы кривых на рис. 1 соответствуют номерам активных сторон секций на схеме обмотки рис. 2. Э. д. с. секций равны сумме э. д. с. соответствующих активных сторон и обозначены суммарным индексом.

Э. д. с. активных сторон, лежащих в соседних пазах, сдвинуты по фазе на одно зубцовое деление  $t_z$ . Поскольку число зубцов на полюс в данном случае равно целому числу с половиной ( $\frac{Z}{2p} = \frac{54}{4} = 13,5$ ), э. д. с. разных активных сторон одной секции, наводимые полюсами разной полярности, сдвинуты во времени на величину  $\Delta t = \frac{t_z}{2}$ . Поэтому при ступенчатом исполнении обмотки э. д. с. последовательно коммутируемых секций сдвинуты во времени на ту же величину  $\Delta t = \frac{t_z}{2}$ . В отсутствие «мерт-

вой» секции, т. е. при симметричной обмотке, и при условии  $\mu_n=2$  имеет место равенство

$$t_k = \frac{t_z}{2},$$

где  $t_k$  — коллекторное деление во времени.

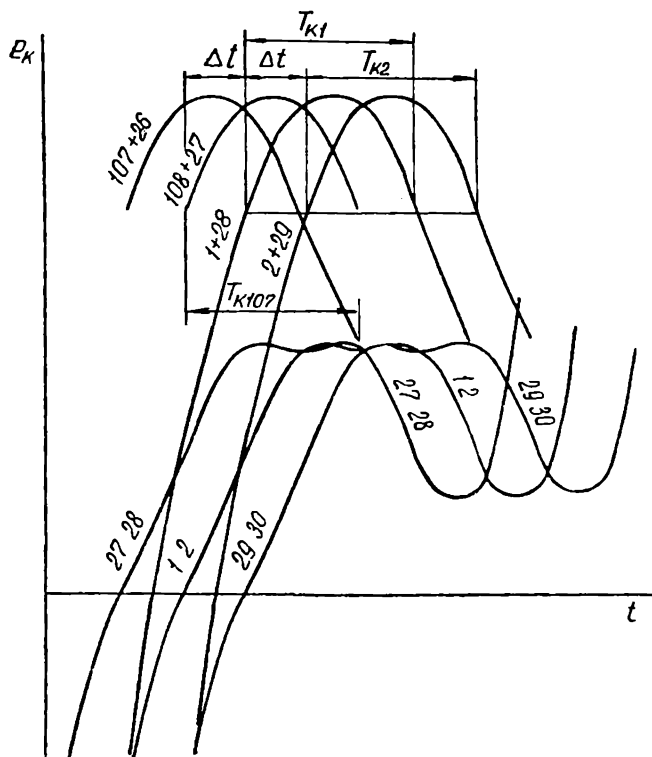


Рис. 1. Осциллограмма коммутационной э. д. с. в секциях якорной обмотки.

Поскольку периоды коммутации последовательно коммутируемых секций и соответствующие кривые э. д. с.  $e_k$  сдвинуты во времени на одну и ту же величину  $\frac{t_z}{2}$ , то в отношении э. д. с.  $e_k$  коммутационные циклы всех секций симметричной обмотки одинаковы и при нейтральном положении щеточной траверсы не зависят от направления вращения якоря.

Наличие «мертвой» секции (секция 108 на рис. 2) приводит к тому, что э. д. с. секций 1 и 107 сдвинуты по фазе на величину  $t_z \approx 2t_k$ , тогда как периоды коммутации этих секций сдвину-

ты во времени на  $t_k$ . Если через  $T_0$  обозначать период одного оборота якоря, то

$$t_{z_1} = \frac{T_0}{Z} = \frac{T_0}{54};$$

$$t_k = \frac{T_0}{k} = \frac{T_0}{107}.$$

Из рис. 1 видно, что различие в форме  $e_k$  секций 1 и 107 в пределах их периодов коммутации  $T_{k1}$  и  $T_{k107}$  достаточно замет-

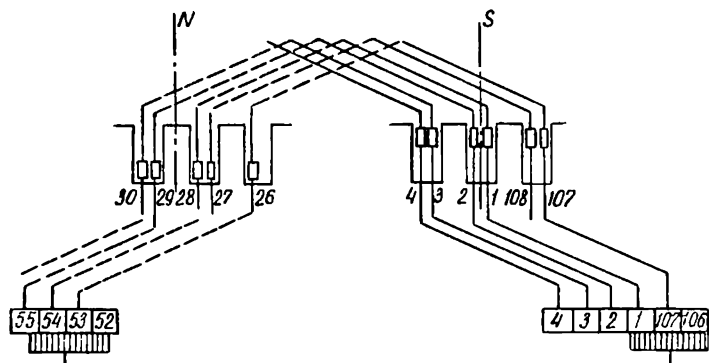


Рис. 2. Схема обмотки якоря с «мертвой» секцией.

но. Специальное исследование на экспериментальной установке [2] показало, что такое изменение формы коммутационной э. д. с. приводит к значительному изменению ширины зоны безыскровой работы машины. Как показал опыт, следует отдать предпочтение форме  $e_k$ , падающей к моменту завершения коммутации. При установке траверсы в нейтральное положение является предпочтительным такое направление вращения, при котором верхняя активная сторона «мертвой» секции отстающая.

Следует отметить, что сдвиг по фазе  $\Delta t$  между э. д. с. секций 1 и 2 не равен коллекторному делению:

$$\Delta t = \frac{t_z}{2} = \frac{T_0}{108};$$

$$t_k = \frac{T_0}{107}.$$

Следовательно, изменение формы  $e_k$  накапливается постепенно от секции 1 к секции 107. Поэтому при одном из направлений вращения значительная часть секций якоря оказывается в неблагоприятных условиях, что подтверждается косвенно данными испытаний машин ГП 42/36—4к. Относительная ширина зоны безыскровой работы при номинальной нагрузке составляет для раз-

ных направлений вращения в среднем 4 и 10%. Симметричная петлевая обмотка ( $Z=54$ ,  $S=K=108$ ,  $2p=4$ ), выполненная при том же штампе листа якоря, обеспечивает при той же мощности относительную ширину зоны безыскровой работы машины 12% вне зависимости от направления вращения.

Имеющее место отличие секций, стороны которых лежат в общих пазах со сторонами «мертвой» секции, от соседних секций в отношении эквивалентной индуктивности не является в данном

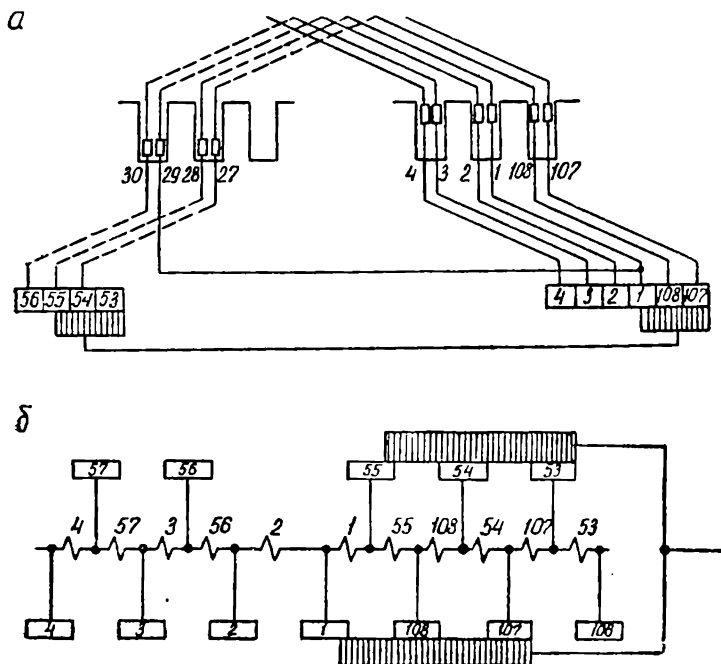


Рис. 3. Искусственно замкнутая волновая обмотка якоря в общепринятом (а) и видоизмененном (б) изображениях.

случае решающим. Любая из секций якоря, кроме секций, лежащих в пазах рядом с «мертвой», связана магнитным полем с шестью другими секциями, лежащими в общих с данной секцией пазах. Число связей секций, лежащих в общих пазах с «мертвой» секцией, равно пяти. Любая секция связана также с секциями соседних с ней пазов. Поэтому можно считать, что уменьшение общего числа связей на единицу не изменяет существенно процесс коммутации при прочих равных условиях.

Схема искусственно замкнутой простой волновой обмотки при  $Z=54$ ,  $S=K=108$ ,  $2p=4$  представлена на рис. 3, а. Для пояснения процесса коммутации схема видоизменена на рис. 3, б.

Поскольку число секций равно числу пластин коллектора при сохранении прежних шагов обмотки по элементарным пазам, сдвиг по фазе между э. д. с.  $e_k$  последовательно коммутируемых секций равен одному коллекторному делению.

Таким образом, в отношении э. д. с.  $e_k$  коммутационные циклы идентичны в такой же мере, как в случае простой петлевой ступенчатой обмотки при обоих направлениях вращения якоря. Разница состоит лишь в том, что все секции, кроме секции 2, замыкаются при одновременном касании соответствующих коллекторных пластин щетками обоих бракетов одной полярности, а секция 2 замыкается щетками одного бракета, как в петлевой обмотке. Однако это обстоятельство большого значения не имеет, поскольку даже при точной разбивке бракетов строго одновременное касание пластин щетками двух бракетов практически исключено из-за неточности размеров пластин, изоляции между ними и т. д. Следовательно, указанное различие условий коммутации секций имеет лишь теоретическое значение. Есть основание предполагать, что искусственно замкнутая обмотка имеет преимущество перед обмоткой с «мертвой» секцией в отношении коммутационной надежности и поэтому предпочтительна, несмотря на некоторое конструктивное усложнение.

### ВЫВОДЫ

1. Машины постоянного тока, имеющие на якоре простую волновую обмотку с «мертвой» секцией, обладают различной коммутационной надежностью при разных направлениях вращения. Выбор положения «мертвой» секции определяет предпочтительное направление вращения.

2. Искусственно замкнутая волновая несимметричная обмотка имеет преимущество перед обмоткой с «мертвой» секцией в отношении коммутационной надежности при обоих направлениях вращения вследствие одинаковости э. д. с.  $e_k$  во всех секциях якоря.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Толкунов. Влияние «мертвой» секции в волновых обмотках машин постоянного тока на их коммутацию. ВЭП, 1960, № 5.

2. Д. В. Локшин, В. В. Машкауцан. Экспериментальная установка для исследования процесса коммутации машин постоянного тока. «Электротехническая промышленность», 1969, вып. 322.

3. Г. П. Кропачев, В. В. Машкауцан. К вопросу об учете коммутационной э. д. с. при расчете зон безыскровой работы машин постоянного тока. «Электротехническая промышленность», 1969, вып. 324.